

## Improvement of Output Characteristics and Acoustic Noise Characteristics for Single Phase Induction Motor with Concentrated Winding

鄭泰旭<sup>†</sup> · 蔡明基<sup>\*</sup> · 車賢錄<sup>\*\*</sup> · 尹喆鎬<sup>\*\*\*</sup>  
 (Tae-Uk Jung · Myong-Gi Chae · Hyun-Rok Cha · Cheol-Ho Yun)

**Abstract** - In general the distributed winding method is applied for induction motor in order to have the sinusoidal flux distribution. Recently the concentrated winding method is the interested technique so as to lower the material cost portion of copper coil. In the concentrated winding induction motor the harmonic flux and the torque deterioration by it would be occurred. To restrain ill effect of harmonic flux distribution by concentrated winding, the skew of rotor conduction bar is very important design variable. This study is focused on the optimal design of rotor bar's skew and winding turns for concentrated winding induction motor. In this study, the control method of harmonic parasitic torque in concentrated winding induction motor is proposed and validated its practicality through the experiment. As a result of this study, large skew angle which was not conventional in distributed winding was favorable in the concentrated winding induction motor. The concentrated winding induction motor which is designed per the proposed method of this study can be manufactured more cost effectively than conventional distributed winding.

**Key Words** : Single Phase Induction Motor, Concentrated Winding, Design Improvement, Acoustic Noise

### 1. 서 론

소형 가전제품용 모터의 주류를 이루고 있는 단상 유도기는 단상 가정전원을 별도의 전력변환기 없이 바로 활용할 수 있어 경제적이면서도 양산성이 우수하며 신뢰성이 높다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점으로 인해 가전제품용 컴프레서나 팬용 모터로 널리 적용되고 있다.

단상유도전동기의 자계구조는 주권선과 보조권선을 보통 동심분포권 형태의 권선방식에 의해 공극에 정현파적인 자속분포를 가지도록 설계된다. 동심분포권의 경우 자동화 권선작업이 상대적으로 수월하고 공극자속 파형을 정현적으로 만들 수 있어 고조파 토크에 의해 발생하는 crawling 현상을 방지할 수 있고 운전시의 진동 및 소음을 억제할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 전체 권선 중에서 엔드턴(end-turn)의 비중이 높아 동(銅) 사용량이 많다는 단점이 있다.

최근 구리 등의 비철금속 원자재 가격의 급등으로 인해 타 전동기에 비해 동 사용량이 많은 단상유도기의 수익성이 현저히 떨어지고 있다. 가전제품의 경쟁력에 있어 가장 우선 순위는 가격경쟁력이기 때문에 이러한 가격상승 요인을 최소화하기 위해 많은 연구개발이 추진 중에 있다.

그 중의 대표적인 기술안이 영구자석 동기전동기나 직류 전동기에서 흔히 적용되는 집중권 자계를 가지는 단상 유도기에 대한 기술적인 시도이다.

단상유도기에 집중권을 적용시 권선 스펠(span)이 짧기 때문에 엔드턴 비중이 상당히 저감되고 이로 인해 동사용량이 크게 감소하므로 경제적인 장점이 크다. 그러나, 전동기의 특성을 고려할 때 고정자 자계구조에서 권선절(coil pitch)이 전체 극절 대비 50% 미만이고 한개의 권선에 의해서만 기자력이 인가되기 때문에 공극자속이 구형과 형태가 되므로 고조파 자속의 영향이 상당히 크게 미치게 된다.

냉장고나 에어컨을 위한 가정용 컴프레서용 단상유도기에 집중권을 적용하기 위해 특히 많은 시도가 있었다. 컴프레서용 단상유도기의 경우 압축용량을 위해 고속 운전이 가능하도록 보통 2극으로 설계되고, 초기 기동시 큰 부하토크가 요구된다. 이러한 요구특성을 고려할 때 집중권 타입은 고조파 자속에 의한 기동불량과 효율저하 및 소음 특성 저하 때문에 실제 적용된 사례는 거의 없다.

본 논문에서는 에어컨 실외기용 송풍 팬을 위한 단상유도기에 집중권을 적용하기 위한 전자기 구조에 대해 고찰하였다. 송풍 팬용 단상유도기는 상대적으로 기동부하가 작고 운전속도가 1000[rpm] 내외의 저속이기 때문에 다극 구조로 할 수 있어 집중권을 적용하기가 한결 유리하다.

본 논문에서는 집중권 적용시 고조파 자속 왜곡에 의해 나타나는 기동성 저하와 정격운전시의 진동 소음을 개선하기 위한 회전자 바의 스큐(skew)각과 권선사양 등을 주요 설계인자로 설정하고 이를 최적화 하였다.

이러한 최적화 설계에 의해 제작된 시작기의 제반 특성의 기존의 분포권 단상유도기와 비교 분석 하였다.

† 교신저자, 正會員 : 韓國生産技術硏究員 先任硏究員 · 工博  
 E-mail : tujung@kitech.re.kr  
 \* 正會員 : 韓國生産技術硏究員 硏究員  
 \*\* 正會員 : 韓國生産技術硏究員 硏究員  
 \*\*\* 正會員 : 韓國生産技術硏究員 先任硏究員  
 接受日字 : 2006年 10月 19日  
 最終完了 : 2007年 2月 28日

## 2. 집중권형 단상유도기의 구조

### 2.1 권선 구조

가전 모터에서 많이 쓰이는 권선 방식은 단상유도기에 많이 적용되는 분포권과 직류전동기에 많이 적용되는 집중권이 있다. 그림 1은 두 권선 방식을 보여주고 있다.

그림 1(a)의 분포권은 한 자극내의 몇 개의 슬롯들에 적절한 턴수로 분포되도록 와인딩(winding)되어 공극자속을 정현파 형태로 만들 수 있다. 하지만 권선의 스펠이 길어서 엔드턴 또한 상당히 길고 다른 턴과 겹쳐지기 때문에 권선 포밍(forming) 공정 후에도 권선높이가 상당히 높아진다.

이와 달리 그림 1(b)의 집중권은 직류전동기와 동일한 권선구조로서 짧은 피치의 인접하는 슬롯에 감기 때문에 엔드턴이 짧고 타 권선의 엔드턴과 겹쳐지지 않기 때문에 포밍 높이도 낮고 냉각구조도 좋다. 하지만 공극자속에 고조파 성분이 상당 부분 포함되기 때문에 단상유도기에 적용하기에는 많은 애로점이 있다.

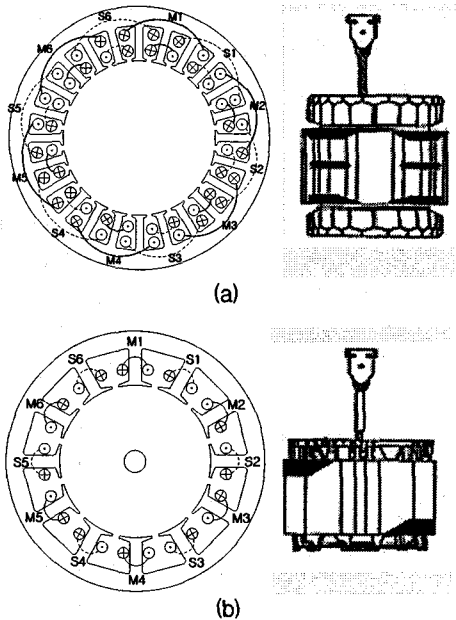


그림 1 권선방식에 따른 전동기 구조 (a) 분포권, (b) 집중권  
Fig. 1 Motor structure dependent on winding type

(a) distributed winding, (b) concentrated winding

### 2.2 고정자 자계 분포 특성

단상유도기의 기동 및 정격 효율과 소음 특성상 공극자속의 정현적인 분포는 매우 중요한 요소이다.

임의의 슬롯의 권선에 의해 형성되는 기자력 분포는 아래의 식(1)로 표현된다[1].

$$H(\alpha) = \frac{2 \cdot Ni}{\pi} \sum_{v=1}^{\infty} \frac{1}{v} \sin v \frac{\alpha_w}{2} \cdot \frac{\sin v N \frac{1}{2} \alpha_1}{\sin v \frac{1}{2} \alpha_1} \cdot \cos v [\alpha(N-1) \frac{1}{2} \alpha_1] \quad (1)$$

여기서,  $H$ 는 기자력,  $N$ 은 권선턴수,  $i$ 는 권선전류,  $\nu$ 는 고조파 차수,  $\alpha_w$ 는 권선스펠각도,  $\alpha_1$ 은 슬롯간 각도,  $\alpha$ 는 해당 슬롯의 위치각도를 나타낸다.

기존의 동심분포권과 집중권을 단상유도기에 적용시 전형

적인 공극 자속의 형태를 그림 2에서 보여주고 있다. 그림 2의 (a)는 4개의 권선이 분포되어서 하나의 자극을 만드는 경우의 자속파형이며 (b)는 집중권으로 1개의 권선에 의해서만 자극을 만드는 경우의 자속파형이다. 그림 2의 기자력 분포 파형과 같이 집중권의 경우 구형파 형태의 기자력 분포 특성을 가지며 고조파 성분이 많이 포함되어 있음을 알 수 있다.

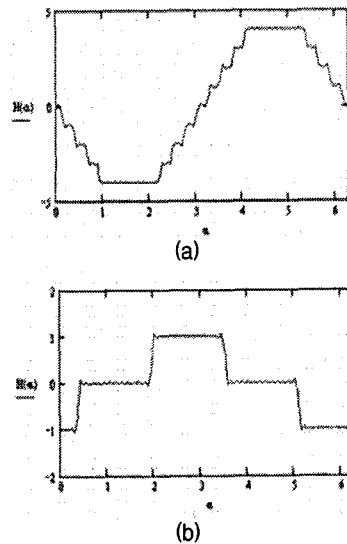


그림 2 권선형태에 따른 기자력 분포 파형 (a) 분포권, (b) 집중권

Fig. 2 MMF distribution waveform according to winding type (a) distributed winding (b) concentrated winding

표 1은 한 자극당 슬롯 개수 및 권선 분포에 따른 기자력 고조파 성분에 대한 계수를 계산한 결과를 보여주고 있다[2].

표 1 권선 방법에 따른 고조파 분포 계수

Table 1 Harmonic distribution coefficient according to winding method

n <sup>a</sup>	Harmonics Distribution Coefficient					
	h=1	3	5	7	9	11
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0.966	0.707	0.259	0.259	0.707	0.966
3	0.960	0.667	0.218	0.177	0.333	0.177
4	0.958	0.653	0.205	0.158	0.271	0.126
5	0.957	0.647	0.200	0.149	0.247	0.110
6	0.956	0.644	0.197	0.145	0.236	0.102
∞	0.955	0.637	0.191	0.136	0.212	0.087

n<sup>a</sup>=1, Concentrated winding, n>1, Distributed winding

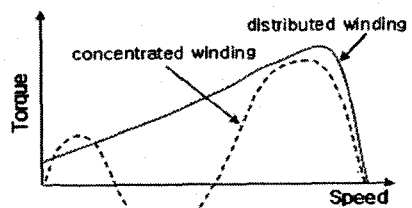


그림 3 속도-토크 특성 비교

Fig. 3 The comparison of speed-torque characteristics

표 1에서 h는 고조파 차수이며, n이 1인 경우는 집중권인 경우이며 n이 2 이상인 경우는 그 수만큼의 권선이 분할된 분포권으로 감겨진 경우이다. 집중권의 경우 3, 5, 7차의 고조파 성분이 매우 큼을 알 수 있다.

이와 같은 기저력의 고조파 성분은 그림 3과 같이 출력 토크에 악영향을 미치며 특히 기동시에 crawling 현상을 동반하게 되어 기동 실패가 되거나 정격 운전시에도 출력 토크를 저하시키는 원인이 될 수 있다[1]. 그림 3은 이러한 고조파 토크에 의한 영향을 속도-토크 특성 곡선에서 보여주고 있다. 그림 3과 같이 단상유도기에 집중권을 적용함에 있어 가장 중요한 부분은 고조파 토크에 의한 기동 토크의 현저한 저하와 정동 토크의 감소에 의한 출력 토크의 저하이다. 그리고, 고조파 자속에 의한 정격 운전시의 소음 증가가 문제될 수 있다.

### 3. 집중권 적용시의 특성 개선

#### 3.1 설계 기준 모델

본 논문에 적용된 전동기는 가정용 에어컨 실외기 송풍팬용 단상유도기로서 요구사양과 및 기존의 분포권 적용시와 초기 집중권 적용시의 사양은 표 2와 같다.

표 2 대상 모델의 사양

Table 2 Specification of target model

항목	요구 사양	분포권(기존)	집중권(1차)
인가전압 (V)	220		220
주파수 (Hz)	60		60
적층길이 (mm)	25		25
고정자 외경 (mm)	95		95
회전자 외경 (mm)			54.6
공극길이 (mm)			0.2
극수			6
Capacitor (uF)	1.5	1.5	2
고정자 슬롯수		24	12
회전자 슬롯수		34	23
Skew angle (deg.)		10.6	15.7
주권선		φ0.20, 546턴	φ0.18, 750턴
보조권선		φ0.19, 640턴	φ0.17, 750턴
주권선 저항 (Ω)		272	233
보조권선 저항 (Ω)		348	308
기동토크 (Nm)	0.19	0.21	0.18
최대토크 (Nm)	0.28	0.29	0.28
정격출력 (W)	22		22
주권선 전류 (A)		0.20	0.22
보조권선 전류 (A)		0.17	0.24
정격 효율 (%)	35.0	37.3	33.9

표 2와 같이 초기 집중권 적용 사양에서 가장 큰 문제점은 운전 커패시터를 1.5uF에서 2.0uF로 증가시켜도 기동토크가 확보되지 않고 있으며 기동 중간에 고조파 토크에 의해 기동이 실패되는 문제점이 발생된다는 것이다. 그리고, 기동성 확보에 치중해 설계하다보니 보조권선의 동손이 증가하여 기존 분포권 전동기 대비 효율이 저하되었다.

#### 3.2 개선 설계

##### 3.2.1 스큐에 의한 고조파 상쇄

유도전동기의 고조파 자속의 영향을 억제하기 위해 많은 방법이 있지만 가장 효과적인 방법은 권선 분포 설계 및 회

전자 바의 적절한 스큐각 설계이다[2~4].

본 논문의 집중권에서는 권선 분포를 적용할 수 없기 때문에 실질적으로 활용할 수 있는 기술적인 방안은 스큐각의 최적화이다.

그림 4에서는 고정자 고조파 자속에 의한 회전자 바의 유도전압에서 고조파 영향을 억제하기 위한 스큐의 원리를 설명하고 있다.

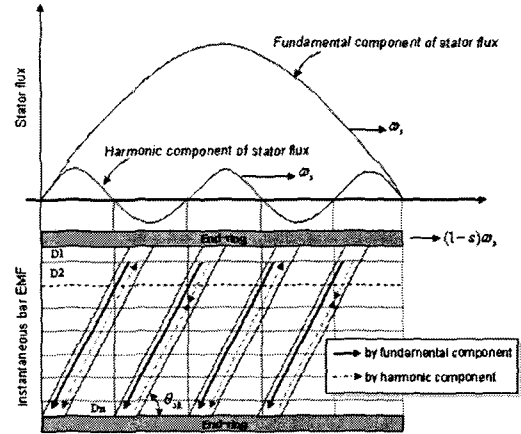


그림 4 고정자 자속과 회전자 바의 스큐

Fig. 4 The stator flux and the skew of rotor bar

그림 4와 같이 회전자 바에 스큐가 있는 경우 한 개의 바이지만 양단 끝부분은 고정자 자속에 대해 위상차를 가진다. 즉, 한 개의 바이지만 각 부분마다 영향을 주는 고정자 자속은 위상이 달라진다.

이 때 스큐각이 크다면 고조파 자속의 경우 주기가 짧기 때문에 그림 4와 같이 고조파 자속에 의한 유도전압이 동일 바 내에서 서로 상쇄시킬 수 있음을 알 수 있다.

그림 5는 회전자 바의 스큐에 의한 고조파 상쇄결과를 보여주고 있다[3].

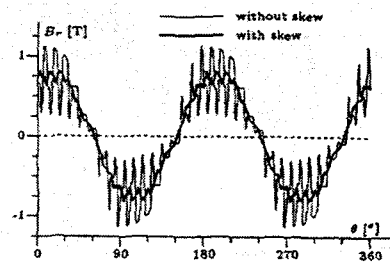


그림 5 회전자 바의 스큐에 의한 고조파 자속 억제

Fig. 5 Harmonic flux restraint by rotor bar skew

회전자 바에 스큐가 있는 경우 한 개의 바에 유기되는 전류는 식(2)와 식(3)으로 표현할 수 있다[3].

$$\frac{1}{\theta_{sk}} \int_{-\theta_{sk}/2}^{+\theta_{sk}/2} \hat{B} \cos(p\theta + p\theta'_{sk} + \alpha t) d\theta'_{sk} = \hat{B} F_{sk} \cos(p\theta + \alpha t) \quad (2)$$

$$F_{sk} = \frac{\sin(p\theta_{sk}/2)}{p\theta_{sk}/2} \quad (3)$$

여기서,  $\hat{B}$ 는 유도 자기장의 크기,  $p$ 는 공간차수,  $\omega$ 는 주파수를 나타낸다. 그리고,  $F_{sk}$ 는 스큐 인자(skew factor)로서

공간 차수  $p$ 와 스큐각  $\theta_{sk}$ 에 의해 결정된다.

회전자 바의 스큐 영향을 고려한 설계 해석을 하기 위해 여러 가지 방안이 제시되고 있다. 기존의 타 연구에서는 3차원적인 스큐효과를 고려하기 위해 그림 4와 같이 스큐각에 따라 해석모델을 몇 개의 스텝을 갖는 2차원 모델로 분리 해석하여 그 결과를 총합하여 해석하였다[3],[4]. 이 경우 바와 엔드링의 전류밀도가 실제 상태와 달라 발생하는 축방향의 자기포화 와 같은 영향을 정확히 계산하기 힘들고 특히 적층이 얇은 경우는 공간 고조파 자속에 대한 영향을 정확히 반영하기가 힘들다.

3.2.2 스큐 효과를 고려한 최적화 설계

본 논문에서는 회전자 바를 스텝 분할로 해석할 경우의 결점을 보완하기 위해 3차원 전자장 해석을 적용하였으며 Maxwell사의 3D FEA를 활용 하였다. 그림 6은 해석을 위한 모델링을 보여주고 있다. 해석의 간소화를 위해 기하학적으로 대칭이 되는 경우는 1/3 또는 1/2의 부분모델로 해석하고 그렇지 않은 경우는 전체모델로 해석하였다.

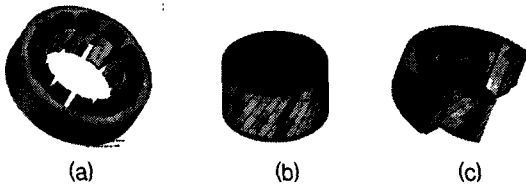


그림 6 3차원 해석 모델 (a) 고정자, (b) 회전자, (c) 1/2모델  
Fig. 6 3D analysis model (a) stator, (b) rotor, (c) half model

그림 7은 스큐각과 권선 턴수를 최적화하기 위한 설계 흐름도를 보여주고 있다.

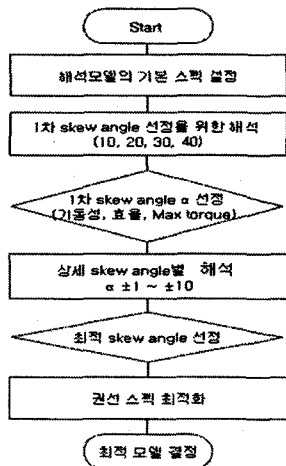


그림 7 설계 과정에 대한 흐름도  
Fig. 7 The flow chart of design procedure

그림 7의 설계 흐름도에서 초기에는 스큐각을 10도 단위로 별로 증가하면서 성능을 해석하여 이 중에서 적정값을 선정한다. 이후 그 스큐각을 기준으로  $\pm 1 \sim \pm 10$ 의 스큐각 범위에서 성능을 해석하여 최적 스큐각을 구하였다. 스큐각을 선정한 뒤 권선턴수를 최적화 하였다. 이러한 설계흐름 중 해석 결과에 대한 판단 기준은 기동성, 효율, 최대토크의 관점에서 최적치를 의미한다.

표 3은 표 2의 1차 시작기를 기준으로 스큐각이 10° 단위로 변화할 때와 최적화에 의해 선정된 23°일 때의 특성해석 결과를 보여주고 있다. 위의 결과에서 스큐각이 커짐에 따라 기동토크가 증가함을 알 수 있다. 하지만 반대로 효율과 최대토크는 감소하므로 기동성을 감안한 trade-off가 필요하다.

표 3 스큐각에 따른 특성해석 결과

Table 3 Characteristics analysis result with different skew angle

Skew angle	0°	10°	20°	30°	23°
입력 (W)	64.0	64.5	64.9	66.5	65.3
출력 (W)	22				
효율 (%)	34.4	34.1	33.9	33.1	33.7
기동토크 (Nm)	0.13	0.15	0.17	0.22	0.19
최대토크 (Nm)	0.31	0.30	0.28	0.28	0.28

본 논문에서는 제 특성을 감안하여 최적 스큐각을 23°로 설정하고, 이를 바탕으로 효율개선을 위한 권선사양을 재설정 하였다. 이 때의 설계 주안점은 집중권 1차 시작기에서 분포권 대비 높은 보조권선 전류의 억제 및 동손의 저감이다.

3.3 시작기 제작 및 실험

그림 7과 같은 설계흐름에 의해 기동 안정성과 정격 효율 개선을 위한 개선 시작기의 사양을 선정하였다. 개선 설계의 주요 변수는 스큐각과 권선사양으로서 기존의 분포권 전동기와의 호환성을 위해 동일한 운전 커패시터를 사용할 수 있도록 하였다.

최종 선정된 시작기의 사양은 뒷장의 표 4와 같으며, 그림 8은 제작된 시작기의 사진이다. 집중권을 적용시 엔드턴의 높이가 현저히 낮아져 전동기가 콤팩트 해지고 동소요량이 크게 저감됨을 볼 수 있다.

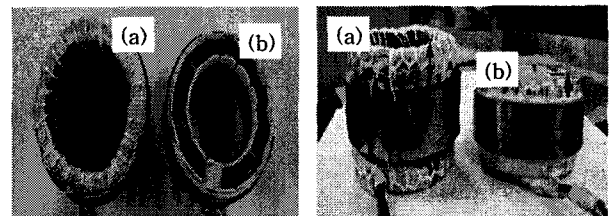


그림 8 시작기의 사진 (a) 분포권, (b) 집중권  
Fig. 8 The photographs of prototype (a) distributed winding, (b) concentrated winding



그림 9 성능 실험 장치의 구성  
Fig. 9 Configuration of performance test set

시작전동기의 출력 및 효율 특성 평가를 위한 실험시스템의 구성은 그림 9와 같다. 기본적인 성능은 다이내모메터에

서 측정하고 실부하 특성 측정은 시험용 마스터 팬을 장착해 실험을 진행하였다.

먼저, 스쿠각에 따른 속도-토크 특성을 측정하였으며 그 결과를 그림 10에서 보여주고 있다. 스쿠각이 작은 경우는 고조파 토크에 의해 초기 기동시 crawling 현상이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이러한 기동 안정성을 보완하기 위해 스쿠각을 증가시킬수록 최대 출력 토크가 감소함을 알 수 있다.

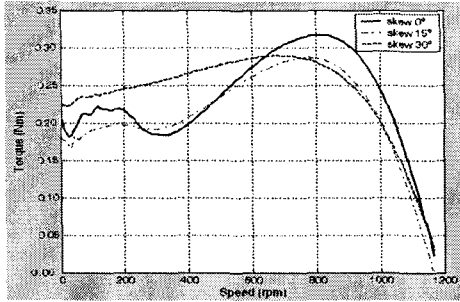


그림 10 스쿠각에 따른 속도-토크 특성  
Fig. 10 Speed-torque characteristics according to skew angles

그림 11은 개선 설계된 시작기의 속도-토크 특성을 기존의 분포권 전동기와 비교한 결과를 보여주고 있으며, 집중권 초기 모델과 대비해 기동안정성이 개선되었음을 확인할 수 있다. 최대 토크는 기존 분포권 대비 소폭 저감되었지만 부하의 요구사항은 만족시키는 수치이다.

집중권을 적용시 우려되는 소음 문제를 확인하기 위해 그림 12와 같이 무향실에서 무부하 소음을 측정하였다. 팬을 장착한 실부하 상태에서는 팬에서 발생하는 유로 소음이 큰 비중을 차지해서 전동기에 의한 소음을 판별하기 어렵기 때문에 무부하 상태의 전자기적 소음을 측정하였다.

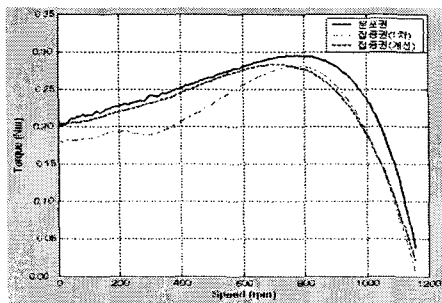
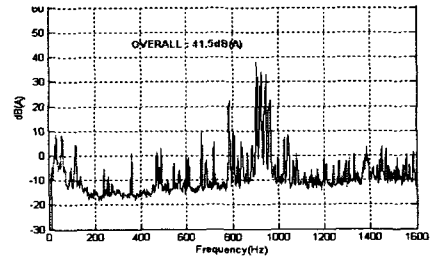


그림 11 기존 분포권과의 속도-토크 특성 비교  
Fig. 11 The comparison of speed-torque characteristics with conventional distributed winding

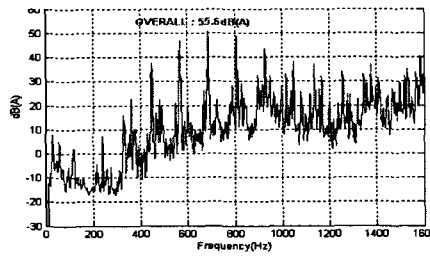


그림 12 소음 측정을 위한 장치 구성  
Fig. 12 System configuration of acoustic noise measurement

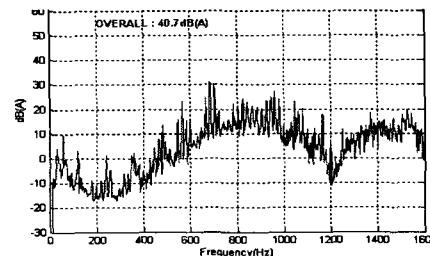
소음 측정거리는 50cm로서 그 측정결과는 그림 13과 같다. 소음 측정 결과에서 집중권의 소음스펙트럼은 주파수 특성이 분포권과 많은 차이를 가짐을 알 수 있다. 초기 집중권 시작기의 소음은 전체 레벨도 높은 높으며 특정 주파수에서의 피크 소음이 발생하는 특성을 가진다. 반면 개선 설계된 시작기에서는 고조파 자속이 억제되어 이러한 피크성 소음이 상당 부분 저감되며 전체 소음 레벨도 분포권과 유사한 정도로 개선되었음을 확인할 수 있다



(a)



(b)



(c)

그림 13 소음 측정 결과  
(a) 분포권, (b) 집중권(1차), (c) 집중권(개선)

Fig. 13 Acoustic noise measurement result  
(a) distributed winding, (b) concentrated winding(1st), (c) concentrated winding(improved)

본 논문의 개선 설계에 관한 설계 사양 및 성능 실험 결과를 표 4에 정리하였다.

집중권 1차 시작기와 비교해 기동성능과 정격효율이 개선되고 또한 전자기적 소음이 크게 개선되었음을 알 수 있다. 기존의 분포권과 대비해 권선의 엔드턴 비중이 저감되어 권선저항이 대폭 저감되고 이로 인해 동손이 저감되어 효율 또한 1% 정도 향상되며 동선의 소모량이 크게 저감되어 20% 정도의 재료비 절감효과를 얻을 수 있다.

위의 구동 특성과 가격적인 장점을 고려할 때 집중권 유도기는 기존의 분포권 타입의 유도기를 대체 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 기술적 대체 가능성은 다극의 저속용 모터로서 기동부하가 작을 경우 고조파 자속의 악영

향과 기동 안정성 확보가 용이하여 더욱 유리할 것으로 사료된다.

표 4 설계 사양 및 성능 실험 결과

Table 4 Design parameters and performance test result

항목	분포권(기준)	집중권(1차)	집중권(개선)
고정자 슬롯수	24	12	12
회전자 슬롯수	34	23	29
Skew angle(deg.)	10.6	15.7	23.0
주권선	φ0.2, 546턴	φ0.18, 750턴	φ0.2, 720턴
보조권선	φ0.19, 640턴	φ0.17, 750턴	φ0.18, 920턴
주권선 저항(Ω)	272	233	199
보조권선 저항(Ω)	348	308	319
Capacitor(μF)	1.5	2	1.5
기동토크(Nm)	0.21	0.18	0.20
최대토크(Nm)	0.29	0.28	0.28
정격 토크(Nm)	0.27	0.27	0.27
정격 속도(rpm)	775	780	782
정격출력(W)	22.0	22.1	22.2
주권선 전류(A)	0.20	0.22	0.19
보조권선 전류(A)	0.17	0.24	0.18
1차 동손(W)	20.8	28.4	17.5
정격 효율(%)	37.3	33.9	38.1
무부하 소음(dBA)	41.5	55.6	40.7
총 재료비(원)	6650	-	5870
동 재료비(원)	2810	-	2030

#### 4. 결 론

본 논문에서는 송풍 팬용 단상유도기에 집중권을 적용하기 위한 설계개선에 대해 고찰하였다. 집중권을 적용시 문제되는 고조파 자속의 악영향을 억제하기 위해 고정자와 회전자의 자계 형상, 회전자 바의 스쿠각, 권선 사양 등의 설계변수를 두고 개선설계를 행하였다. 이러한 설계변수 중 기존의 단상유도기 대비 비교적 큰 스쿠각이 고조파 자속의 악영향을 억제하는데 매우 중요한 설계변수임을 확인하였으며 이를 최적화 설계하였다.

본 논문에서 개선 설계된 시작기에서 기동성, 효율, 소음 측면에서 기존의 분포권을 대체할 수 있는 기술적 가능성을 도출하였다. 집중권 방식을 단상유도기에 적용할 경우 재료비 중 가장 높은 비중을 차지하는 동선 가격이 대폭 저감되어 기존 분포권 대비 20% 정도의 비용 절감 효과가 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] B.Heller, V.Hamata, "Harmonic field effects in induction machines" Academia, Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1977, pp.11 -17
- [2] Paresh C. Sen, "Principles of Electric Machines and Power Electronics" Chapter 5, John wiley & sons, Inc
- [3] Johan J. C. Gyselinck, Lieven Vandelde and Jan A. A. Melkebek, "Multi-Slice FE Modeling of Electrical Machines with Skewed Slots-The Skew Decartelization Error", IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 37, No. 5, Sep. 2001
- [4] Hiroyuki Mikami, Kazumasa Ide, Satoshi Kikuchi,

Haruo Koharagi, Miyoshi Takahashi and Masaharu Senoo, "Magnetic Field Analysis of a Squirrel Cage Induction Motor Considering Rotor Skew and Higher Harmonics in the Secondary Current", Trans. on Electrical Engineering in Japan, Vol. 129, No. 2, 1999

### 저 자 소 개



#### 정 태 옥 (鄭泰旭)

1970년 5월 16일생, 1993년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박), 1996~2005 LG전자(주) 책임연구원, 2006~현재 한국생산기술연구원 광주연구센터 선임연구원

Tel : 062-6006-320

Fax : 062-6006-149

E-mail : tujung@kitech.re.kr



#### 채 명 기 (蔡明基)

1972년 8월 21일생, 1995년 한국해양대학교 전자통신공학과 졸업(공학사), 1997년 동 대학원 전자통신공학과 졸업(석사), 2003년 동 대학원 전자통신공학과 박사수료, 2005~현재 한국생산기술연구원 광주연구센터 연구원

Tel : 062-6006-213

Fax : 062-6006-149

E-mail : mgchae@kitech.re.kr



#### 차 현 록 (鄭泰旭)

1974년 4월 25일생, 1998년 전남대 공과대 졸업, 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 2000~2004 삼성광주전자(주) 선임연구원, 2004~현재 한국생산기술연구원 광주연구센터 연구원

Tel : 062-6006-211

Fax : 062-6006-149

E-mail : hrcha@kitech.re.kr



#### 윤 철 호 (尹喆鎬)

1970년 8월 15일생, 1996년 전남대 공대 무기재료공학과 졸업, 1998년 동 대학원 무기재료공학과 졸업(석사). 2002년 일본 동경공업대학 전자기능시스템 전공 졸업(공학박), 2002~2004 동경공업대학 정밀공학연구소 특별연구원, 2004~현재 한국생산기술연구원 광주연구센터 선임연구원

Tel : 062-6006-210

Fax : 062-6006-149

E-mail : yun34@kitech.re.kr